

определены перемещения шпинделя как в случае неподвижных, так и упругих опор. Подтверждена работоспособность рассматриваемой конструкции по критерию жесткости.

Выводы. Анализ полученных результатов свидетельствует о эффективности комплексной процедуры 3D-моделирования в САПР КОМПАС-3D и расчета напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов SolidWorks Simulation. Такой подход реализовать процедуру многовариантного проектирования и осуществлять поиск оптимальной конструкции шпиндельного узла по критерию жесткости

Список литературы: 1. Бальмонт В. Б. Расчеты высокоскоростных шпиндельных узлов / В. Б. Бальмонт, И. Г. Горелик, А. М. Фигатнер // НИИТЭМР, Серия 1, 1987, вып. 1. -52 с. 2. Пуш А. В. Шпиндельные узлы. Качество и надежность / А. В. Пуш.- М.: Машиностроение, 1992.-288 с. 3. Малюх В. Н. Новинки КОМПАС-3 D V14 / В. Малюх//isicad.ru.:все о САПР и PLM.-№102.-2013.-с.76-81. 4. Малюх В. Н Введение в современные САПР. Курс лекций / В. Н. Малюх.- М.: ДМК Пресс, 2012.-192 с. 5. Магомедов А. А. Интегрированный конечно-элементный анализ в КОМПАС-3D / А. А. Магомедов, А. А. Алехин // CAD/CAM/CAE Observer #8 (60). – 2010. – с.73-78. 6. Мухованная Е. Ю. Открытый SolidWorks: единство и борьба противоположностей / Е. Ю. Мухованная, М. А. Михайлов, М. И. Холин, В. И. Новоселов// САПР и Графика, 2000 - №3 – с. 59-63 7. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский.- М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.

Надійшла до редколегії 20.03.2013

УДК 621.9.06

Твердотельное моделирование и исследование шпиндельного узла обрабатывающего центра/Кроль О. С. Кроль А. А., Бурлаков Е. И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 1 (977). – С. 14-18. – Бібліогр.:7 назв.

Розглянута процедура комплексного моделювання та дослідження формуючого шпиндельного вузла обробного центру свердлильно-фрезерно-розточного типу з використанням інструментарію побудови 3D-моделей в САПР КОМПАС. Приведено аналіз пружно-деформованого стану в САПР SolidWorks.

Ключові слова: шпиндель, 3D-модель, поля переміщень, кінцево-елементна сітка

Procedure of complex modeling and investigation shape form of the spindle's node processing centre drill-milling-boring of the type with use tools building 3D-models in CAD KOMPAS are examined. Analysis tense-deform state in CAD SolidWorks is bring .

Keywords: spindle, 3D-model, field of moves, finite-element grid.

УДК 004.9: 621.67

А. В. МАРЧЕНКО, канд. техн. наук., ст. викладач, «СумДУ», Суми

ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ ДИФУЗОРНОГО БЛОКУ НАПРЯМНОГО АПАРАТУ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА

В роботі розглядається методологія виконання параметризації типових блоків напрямного апарату проміжного ступеня багатоступеневого відцентрового насоса. Результати представлені у вигляді нелінійних рівнянь геометричних взаємозв'язків для моделі дифузорового каналу.

Ключові слова: напрямний апарат, дифузоровий канал, тривимірна модель, параметризація.

Вступ. Постійне зростання частки використання ІТ-технологій на всіх етапах проектування та виготовлення продукту насособудівної галузі характерне для сучасного стану розвитку останньої. Використання новітніх досягнень прикладної програмної інженерії дозволяє не тільки значно підвищити якість продукції, а й скоротити затрати на виробництво. Автоматизація процесу геометричного комп'ютерного моделювання робочих органів гідромашин дозволить скоротити конструкторський етап проектування насосів.

Аналіз літературних джерел. Одним з ефективних інструментів розв'язання

© А. В. МАРЧЕНКО, 2013

інженерних задач є обчислювальна гідродинаміка [1]. Результати чисельного моделювання робочого процесу в проточних частинах (ПЧ) гідродинамічних машин є невід’ємною складовою проектування гідромашин та обґрунтуванням вибраних конструктивних рішень для робочих органів проточних частин. Об’єктом чисельного дослідження є 3D-модель каналів робочого органу ПЧ [2, 3].

Якість геометрії, а значить і роботи, напрямного апарату є вагомим фактором впливу на характеристики проміжного ступеня і насоса в цілому. Наряду з формалізацією етапів геометричного комп’ютерного моделювання напрямного апарату (далі НА) засобами сучасних САД-додатків, актуальним є розроблення методики автоматизованого геометричного моделювання НА.

Мета та предмет дослідження. Метою дослідження є розроблення методики автоматизованого комп’ютерного геометричного моделювання дифузорового каналу НА багатоступеневих відцентрових насосів (ВЦН) на основі параметризованої моделі.

Предметом дослідження є тривимірна геометрична модель дифузорового каналу НА.

Методи дослідження. Базовою ідеєю дослідження тривимірної моделі НА є блочно-модульний принцип проектування (БМП), який характеризується виділенням блоків загальної моделі для формування моделей різних конструктивних виконань [4]. На основі системного аналізу були виділені основні блоки НА [5].

Методологію проведення параметризації тривимірних моделей блоків НА висвітлено в роботі [6]. При параметризації були використані основні положення обчислювальної геометрії [7]. Адекватність отриманої математичної моделі перевіряється реалізацією автоматизованої побудови тривимірної моделі дифузорового блоку в САПР SolidWorks.

Використання описаних методів дослідження із дотриманням загальноновизнаних закономірностей в галузі гідромашинобудування дозволяє отримати адекватні практичні та наукові результати.

Матеріали дослідження. Розглянемо параметризацію моделі НА на прикладі дослідження дифузорового блоку (ДБ). З точки зору гідродинаміки і технології виготовлення перевага віддається прямовісному дифузору з розширенням в осьовому та радіальному напрямках. Ескізи до параметризації моделі ДБ наведені на рис. 1. Проекція на площину $Y'O'X'$ зображена на рис. 2а, проекція на площину $Z'O'X'$ – рис. 2б.

Вхідний переріз 5-10-12-6 відповідає вихідному перерізу спірального блоку. Координати вузлових точок вхідного перерізу є відомими з розрахунку попереднього спірального блоку [3]. Вихідний переріз 8-9-11-7 відповідає виходу з дифузорового каналу та входу до перевідної ділянки.

Розрахунковими величинами є: h_4 та l – ширина та довжина дифузору, α_1 та α_2 – кути розширення дифузору у фронтальній проекції та в плані; β – кут нахилу вихідного перерізу ДБ до вертикалі; D_4 – діаметр виходу з НА.

Основні геометричні взаємозв’язки, які використовуються при аналітичній параметризації моделі блоку [8]: вертикальність, горизонтальність, рівність координат точок у відповідних площинах.

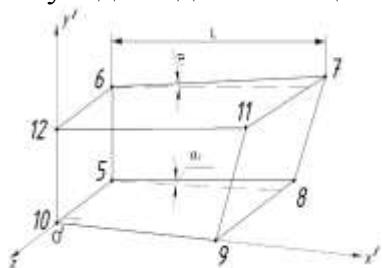


Рис. 1 - Розрахункова схема параметризації 3D-моделі ДБ НА

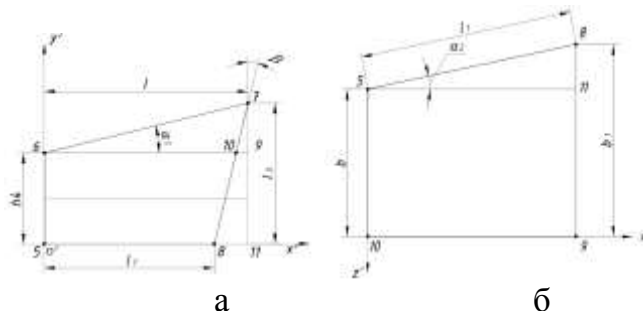


Рис. 2 - Ескізи проекцій моделі ДБ НА: а- фронтальна проекція; б- ескіз в плані

Виділяємо фіксовані точки 5 та 6, інші точки можуть змінювати положення при перерахунку геометрії НА на інші робочі параметри.

Відрізок 5-6 – відомий з параметризації спірального блоку (СБ) [6]. З умов вертикальності та горизонтальності визначаємо координати проєкцій точок 5, 6, 7, 8 на площину $Y'O'X'$ (рис. 2а):

$$x_5' = x_6' = 0, y_5' = 0, y_6' = h_4;$$

$$x_8' = l_1, y_8' = 0;$$

$$x_7' = l, y_7' = l_3,$$

де l_3 – довжина проєкції ребра 7-8 на вертикаль:

$$l_3 = h_4 + l \cdot \operatorname{tg} \alpha_1,$$

l_1 – довжина ребра 5-8:

$$l_1 = l - \frac{y_6' + \operatorname{tg}(\alpha_1)l}{\operatorname{tg}(\beta)}.$$

Координати z_i точок 5, 6 визначені при розрахунку СБ і дорівнюють b (ширина СБ), беремо зі знаком мінус (координатна система має центр в точці 10):

$$z_6' = z_5' = -b, z_7' = z_8' = -b.$$

Використовуючи рівняння для кола маємо рівняння для перевірки знайдених координат в системі XOY (центр системи координат співпадає з віссю обертання НА):

$$x_7'^2 + y_7'^2 = D_4^2;$$

$$x_{11}'^2 + y_{11}'^2 = D_4^2.$$

Визначимо координати точок 5-8-9-10 в проєкції моделі ДБ на площину $Z'O'X'$ (рис. 2б):

$$\sqrt{(x_8' - x_{11}')^2 + (y_8' - y_{11}')^2} = l_1 \cdot \sin(\alpha_2).$$

Т. 10 співпадає з початком координат:

$$x_{10}' = y_{10}' = z_{10}' = 0.$$

Координати т. 9:

$$\begin{cases} x_9' = l_1 \cdot \cos(\alpha_2), \\ y_9' = z_9' = 0. \end{cases}$$

Дотримуючись умови вертикальності визначаємо координати z_i точок 8 і 7:

$$z_7' = z_8' = -(b + l_1 \cdot \sin(\alpha_2)).$$

Координат точок 11 та 12 знайдемо з аналізу грані 12-11-9-10 (рис. 1):

$$\begin{cases} x_{11}' = x_7'; & \begin{cases} x_{12}' = 0; \\ y_{12}' = y_6'; \\ z_{12}' = z_{10}'. \end{cases} \\ y_{11}' = y_7'; \\ z_{11}' = 0, \end{cases}$$

Знайдені параметри в координатній системі $X'O'Y'$ переводимо в систему XOY , використовуючи стандартні вирази для переведення [7].

Результати дослідження. Параметризація блочної моделі дифузорних каналів НА проміжного ступеня ВЦН дозволила сформулювати систему нелінійних рівнянь залежностей геометричних розмірів блоку на основі всіх приведених вище виразів. Геометричні параметри можуть змінюватись в залежності від режиму роботи насоса, зберігаючи задані приєднувальні та габаритні розміри.

Розв'язання системи рівнянь виконувалось методом послідовного виключення [9]. Вірність обраної послідовності розрахунку визначається рівністю кількості невідомих параметрів і кількості рівнянь.

Результати тестування розробленої моделі подані на рис. 3 у вигляді 3D-моделі ДБ НА. Засоби тестування: програмне середовище Delphi та САПР Solidworks. Аналіз геометричних розмірів та форм показав адекватність розробленої моделі.

Висновок. Розроблена параметризована модель ДБ НА проміжного ступеня легко піддається процесу модифікації шляхом заміни вхідних параметрів із дотриманням приєднаних розмірів.

«Мяка» параметризація дозволяє розв'язувати геометрично недовизначені завдання шляхом надання розробнику можливості виявлення невідомих факторів у вигляді зв'язків і знаходження потрібного рішення. Впровадження методики параметризації в процес проектування сприяє автоматизації комп'ютерного геометричного моделювання елементів проточних частин та відповідних пристроїв ВЦН.

Список літератури: 1. Д. Хитрых. *Ansys Turbo*: Сквозная технология проектирования лопаточных машин. / Д. Хитрых // *Ansys Solution*. Русская редакция. – 2007. – № 6. – С. 31 - 37. 2. Д. Хитрых. Проектирование лопаточных машин. Часть 1 / Д. Хитрых / *ANSYS Solution*. Русская редакция. – 2007. – №5. – С.37 – 40. 3. Д. Хитрых. Проектирование лопаточных машин. Часть 2 / Д. Хитрых / *ANSYS Solution*. Русская редакция. – 2008. – №8. – С.39 – 43. 4. *Неня А. В.* Особливості побудови тривимірних геометричних моделей напрямних апаратів багатоступеневих відцентрових насосів/ *А. В. Неня, С. О. Лугова*// Всеукраинский научно-технический журнал «Промышленная гидравлика и пневматика». – 2010. – №2 (28). – С. 45–52. 5. *Марченко А. В.* Аспекти комп'ютерного геометричного моделювання напрямних апаратів багатоступеневих відцентрових насосів/ *А. В. Марченко*// Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Харків: ХДУХТ.– 2010.– Вип.27.– С. 99 – 103. 6. *Марченко А. В.* Параметризація блочної моделі прямого апарату відцентрового насоса/ *А. В. Марченко, В. О. Петренко*// Восточно-Европейский журнал передовых технологий// Научный жур-нал. – №4/7 (58). – Харьков: Технологический центр, 2012. – С.43 – 46. 7. *Ковальов С. М.* Обчислювальна геометрія: навчальний посібник/ *С. М. Ковальов, А. В. Золотова*. – К.: КНУБА, 2008.– 124 с. 8. *Chun Du, Manfred Rosendahl.* Constructive Geometric Modelling with Object-Oriented Methodology. In 4th Eurographics Workshop on Object Oriented Graphics, Sintra, Portugal, 9.– 11.5.94.– <http://userpages.uni-koblenz.de/~ros/portugal.htm>. 9. *Никулина Л. С., Степанова А. А.* высшая математика: Учеб. пос. 2-е изд., испр. и доп. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2005. – 148 с.

Надійшла до редколегії 20.03.2013

УДК 004.9: 621.67

Параметризація дифузорового блоку прямого апарату відцентрового насоса/ Марченко А. В.// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 1 (977). – С. 18-21. – Бібліогр.: 9 назв.

В работе рассматривается методология проведения параметризации типовых блоков направляющего аппарата промежуточной ступени многоступенчатого центробежного насоса. Результаты представлены в виде нелинейных уравнений геометрических взаимосвязей для дифузорового канала.

Ключевые слова: направляющий аппарат, дифузоровый канал, трехмерная модель, параметризация.

The article deals with parameterization technique of guiding device typical blocs of multistage radial-flow pump intermediate stage. There are geometric relationships non-linear equations of diffuser channel as the research results.

Keywords: guiding device, diffuser channel, 3D model, parameterization.

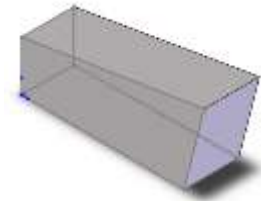


Рис. 3 - Тривимірна параметризована модель ДБ НА